

# Die Region Valle Maggia – Locarno aus hydrographischer Perspektive



## Bericht zur Fachexkursion des Geographischen Instituts der Universität Bern

**9.–12. Juni 2015**

Kursteilnehmer/Autoren:

Baumann, A.; Cavelti, N.; Ebnetter, L.; Ernst, J.; Hirsig, S.; Iseli, M.;  
Kreyden, C.S.; Laub, C.; Oggier, M.; Schober, E.; Schürmann, S.;  
Storz, S.M.; Wicki, A.; Widmer, J.; Wüthrich, T.; Wyss, M.

Exkursionsleitung:

Prof. Dr. Rolf Weingartner

Martina Kauzlaric

## IMPRESSUM

### **Herausgeber:**

Universität Bern  
Geographisches Institut  
Weingartner, Rolf  
Hallerstrasse 12  
3012 Bern

**Autoren:** Baumann, A., Cavelti, N., Ebnetter, L., Ernst, J., Hirsig, S., Iseli, M., Kreyden, C.S., Laub, C., Oggier, M., Schober, E., Schürmann, S., Storz, S.M., Wicki, A., Widmer, J., Wüthrich, T., Wyss, M.

**Redaktion:** Kauzlaric, Martina

**Fotos:** Titelseite: am tiefsten Punkt der Schweiz – Turbinenraum des KW Verbano (Bild: Carla Laub)

**Zitiervorschlag:** Weingartner, Rolf; Kauzlaric, Martina (Eds.) (2015): Die Region Valle Maggia – Locarno aus hydrographischer Perspektive. Bericht zur Fachexkursion des Geographischen Instituts der Universität Bern, 9.–12. Juni 2015. Publikation Gewässerkunde Nr. 649. Bern. (ISBN 978-3-9520278-2-0)

PDF-Link: [www.hydrologie.unibe.ch/download/2015\\_Fachexkursion\\_Tessin.pdf](http://www.hydrologie.unibe.ch/download/2015_Fachexkursion_Tessin.pdf)

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Tessin – Einblicke in die andere hydrologische Schweiz .....	1
1.2	Exkursionsroute.....	3
1.3	Programmübersicht .....	4
1.4	Themen und Fragestellungen der hydrologischen Fachexkursion im Tessin .....	5
<b>2</b>	<b>Energiesektor und Wasserkraftnutzung</b>	<b>6</b>
2.1	Energieentwicklung .....	6
2.2	Rolle der Wasserkraft und ihre Entwicklung in der Region .....	6
2.3	Vor- und Nachteile der Wasserkraft im Maggital .....	7
<b>3</b>	<b>Abflussmessstation Maggia-Locarno, Solduno</b>	<b>9</b>
3.1	Regime.....	9
3.2	Querschnitt.....	9
<b>4</b>	<b>Hydrologische Aspekte des Maggitals</b>	<b>11</b>
4.1	Niederschlag.....	11
4.2	Abfluss .....	12
4.2.1	Abflussregime .....	12
4.2.2	Abflussdaten .....	12
4.2.3	Vergleich Abfluss Maggia und Emme.....	12
4.3	Verdunstung.....	13
<b>5</b>	<b>Morphologie ausgewählter Abschnitte der Maggia</b>	<b>14</b>
5.1	Geologie .....	14
5.2	Morphologie und fluviatile Prozesse .....	14
5.3	Ökomorphologie .....	14
<b>6</b>	<b>Das Maggiadelta</b>	<b>16</b>
6.1	Das Maggiadelta im Vergleich mit dem Ticino- und Verzasca-Delta sowie dem Rheindelta .....	16
6.2	Anthropogene Eingriffe auf die Maggia im Gebiet des Maggiadeltas und deren Auswirkungen ..	17
<b>7</b>	<b>Charakterisierung des Basodino Gebietes</b>	<b>19</b>
7.1	Die Geologie des Basodinogebietes.....	19
7.2	Die Rolle des Gletschers in der Vergangenheit .....	19
7.3	Die Rolle des Gletschers in der Gegenwart .....	19
7.4	Die Rolle des Gletschers in der Zukunft.....	20

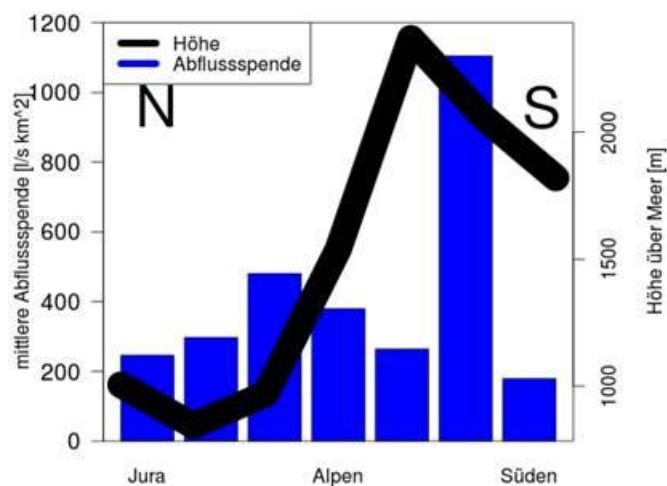
<b>8</b>	<b>Hochwasser gestern und heute</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>Klima der Region</b>	<b>22</b>
<b>10</b>	<b>MeteoSchweiz Nowcasting, Locarno-Monti</b>	<b>23</b>
10.1	Nowcasting.....	23
10.2	Datengrundlagen .....	23
10.3	CombiPrecip .....	23
10.4	MAPLE .....	24
10.5	MeteoSchweiz.....	24
<b>11</b>	<b>Tagesberichte</b>	<b>25</b>
11.1	Tagesbericht des ersten Exkursionstags .....	25
11.2	Tagesbericht des zweiten Exkursionstags.....	27
11.2.1	Überblick Tagesablauf .....	27
11.2.2	Erkenntnisse .....	27
11.3	Tagesbericht des dritten Exkursionstags.....	29
11.3.1	Auswirkungen der letzten Hochwasser in Locarno.....	29
11.3.2	Maggiadelta aus der Höhe besprechen .....	29
11.3.3	Besuch der MeteoSchweiz Messstation Locarno-Monti .....	29
11.3.4	Fazit der Exkursion .....	30
<b>12</b>	<b>Glossar</b>	<b>31</b>
<b>13</b>	<b>Liste der Referenten</b>	<b>32</b>
<b>14</b>	<b>Literatur</b>	<b>33</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Tessin – Einblicke in die andere hydrologische Schweiz

Rolf Weingartner

Das Tessin spielt in einer anderen Liga, zumindest aus hydrologischer Sicht: Grosse Niederschlagsmengen und -intensitäten führen im Tessin zu Hochwasserabflüssen, die sich deutlich von jenen der Alpennordseite unterscheiden (Abb. 1). So weist die nota bene anthropogen beeinflusste Maggia bei einer Einzugsgebietsgrösse von rund 1000 km<sup>2</sup> einen Maximalabfluss von rund 3100 m<sup>3</sup>/s (1985–2013) auf, während das 36-mal grössere Rhein-Einzugsgebiet einen beobachteten Maximalabfluss von "nur" rund 5800 m<sup>3</sup>/s (1879–2013) erzeugte.



**Abb. 1:** Charakteristische mittlere Hochwasserspenden der Regionen der Schweiz (Daten: BAFU).

Die Wasserkraftnutzung bildet im Tessin ein sehr wichtiges Standbein. Die grossen Abflussmengen bzw. hohen Abflussspenden schaffen zusammen mit einer ausgeprägten Reliefenergie ideale Voraussetzungen für die Erzeugung von Hydroelektrizität. Diese aus Sicht der Energieversorgung und Ökonomie günstigen Bedingungen führen aber auch dazu, dass die anthropogene Beeinflussung der Fliessgewässer durch die Wasserkraftnutzung im Tessin vergleichsweise gross ist. Nach Weingartner (1999) ist im Einzugsgebiet des Ticino bis Bellinzona die Wasserführung bei rund einem Drittel der Fliessgewässer anthropogen verändert. Nur noch das Wallis (Rhône bis zum Genfersee) übertrifft diesen Wert mit einem Anteil von 38% beeinflusster Fliessgewässer.

Im Unterlauf der Maggia und vor allem auch im Bereich des Maggia-Deltas sind die Dynamik der Maggia und die damit zusammenhängenden Landschaftsveränderungen besonders gut erkennenbar. Letztere beeinflussten die Entwicklung der Region massgeblich. Faszinierend ist auch der Gedanke, dass das sich weiter ausdehnende Delta der Maggia in einigen tausend Jahren den Lago Maggiore in zwei Seen unterteilen wird. Bereits heute unterscheiden sich die Wasserstände der beiden Seeteile bei grossen Zuflussmengen des Ticino, weil das Maggia-Delta den Austausch zwischen den beiden Seebecken hemmt.

Auch forschungsmässig hat das Tessin einiges bieten; so ist die MeteoSchweiz in Locarno-Monti in einigen meteorologischen Aspekten führend. Das Tessin war ferner einer der ersten Kantone, welcher ein eigenes kantonales Abflussmessnetz aufbaute und ein eigenes hydrologisches Jahrbuch herausgab.

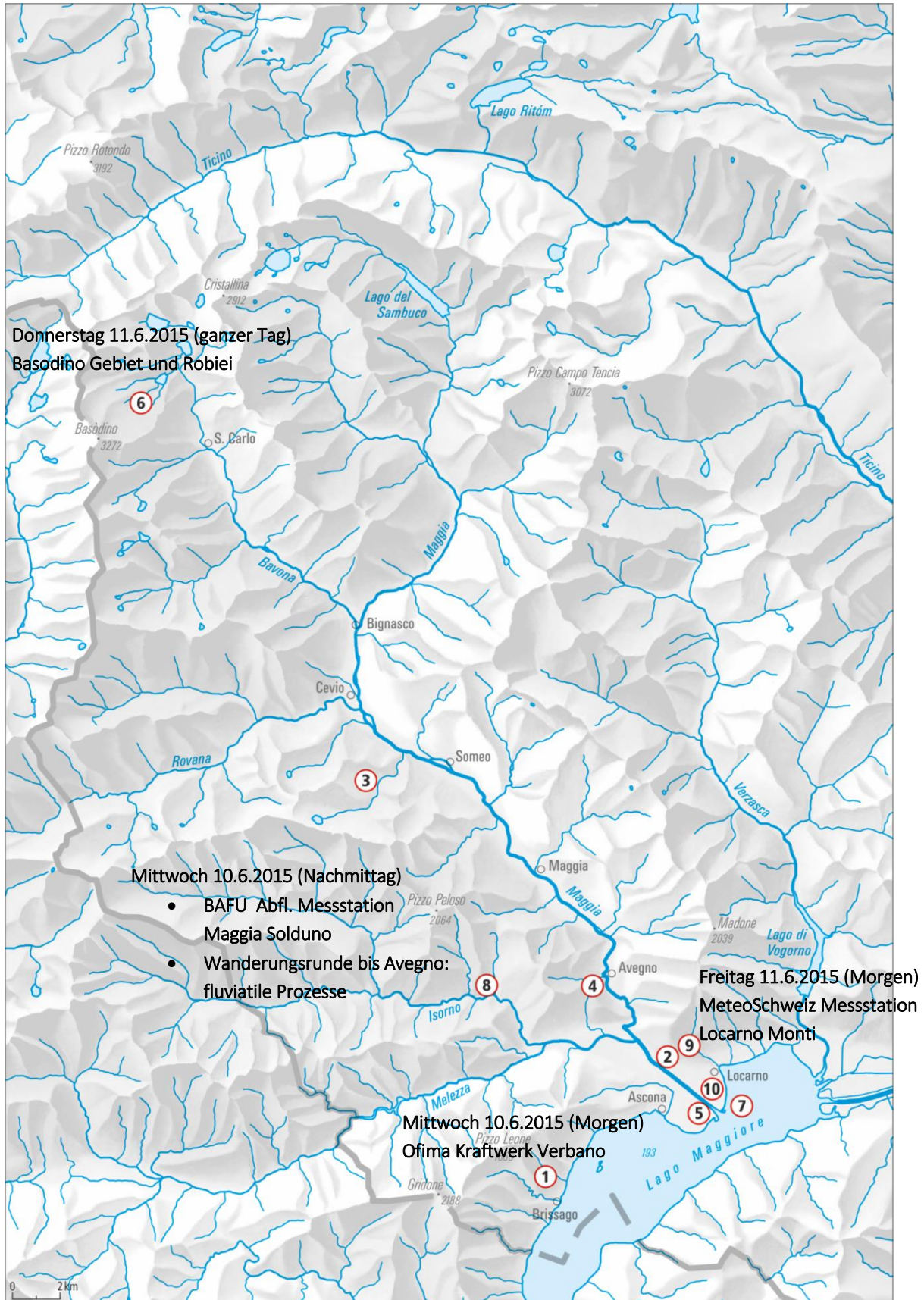
Dies alles – und natürlich noch viel mehr – war Grund genug, das Tessin auf einer hydrologischen Fachexkursion zu erkunden. Sie wurde von Martina Kauzlaric hervorragend organisiert.

Die Tessinerin, Martina Kauzlaric, hat das Programm so gestaltet, dass hydrologisches Wissen und ihre breiten regionalen Kenntnisse zu einem eindrücklichen Gesamtbild verschmolzen. Besten Dank, Martina! Ein weiterer Dank geht auch an die Kollegen, welche uns vor Ort geführt haben. In alphabetischer Reihenfolge sind das: Daniele Buzzini (Ofima), Fabrizio Noembrini (TicinoEnergia), Andrea Crose (BAFU), Giovanni Kappenberger, Marco Regolatti (Ofima), Ioannis Sideris (MeteoSchweiz) und Stefano Zanini (MeteoSchweiz). Gedankt sei auch Herrn Mike Todesco für die Benutzung eines Bootshauses am Lago Maggiore als Unterkunft. Nicht vergessen sollten wir auch die Wirte, welche uns mit feinen Tessiner Spezialitäten verwöhnten.

Insgesamt nahmen sechzehn Studierende an der Exkursion teil. Sie bearbeiteten und gestalteten den vorliegenden Bericht. Ihre Texte wurden unverändert übernommen. Martina Kauzlaric hat sie zusammengetragen und im vorliegenden Band vereint.



## 1.2 Exkursionsroute



**Abb. 2:** Übersicht vom Exkursionsgebiet mit der verschiedenen Etappen der Exkursion (siehe auch Programmübersicht). Die Nummern zeigen die räumlichen Bezugspunkte der während der Exkursion bearbeiteten Themen (siehe Seite 5).

### 1.3 Programmübersicht

Uhr	Dienstag 9.6	Mittwoch 10.6	Donnerstag 11.6	Freitag 12.6
...				
6			6:35 Los geht's	Gepäck parat machen und putzen
7		7:45 Los geht's	7:02-8:45 Fahrt nach San Carlo	
8		8:30-9:30 Vortrag von Herrn Noembrini, Direktor der Verband Ticino Energia	9:00-9:20 Anstieg Seilbahn nach Robiei	8:15 Los geht's
9		9:30-10:30 Vortrag von Herrn Buzzini, Ingenieur bei Ofima		8:15-10:00 zu Fuss zur MeteoSchweiz Messstation Locarno-Monti: Hochwasserschutz in Locarno, Stadtentwicklung, Gepäck am Bahnhof ablagern
10		10:55 Schifffahrt nach Ascona		10:00-12:00 Besuch der MeteoSchweiz Messstation Locarno-Monti
11		Mittagessen besorgen	9:30-14:00 Wanderung mit Giovanni Kappenberger	
12				12:00 Fazit und Abschluss
13	13:34 Zug ab Bern	Sich der Maggia annähern & Mittagessen		
14		14:00-15:00 Besuch der BAFU Messstation bei Solduno und Vortrag von Herrn Crose		
15	<i>Zugfahrt geniessen, in Domodossola umsteigen</i>		14:30-15:30 Führung Robiei Staumauer	
16			16:00-16:20 Abstieg nach San Carlo	
17	17:19 Ankunft in Locarno	Wandern entlang der Maggia: fluviale Prozesse und Formen	17:10-18:55 Rückfahrt nach Locarno	<i>Abschied &amp; "Feiernachmittag"</i>
18	18:30 Fahrt Locarno-Losone			
19	19:00 Uhr Abendessen in Grotto Broggini			
20	20:30 Uhr Zurück nach Locarno spazieren	Abendessen in einem Grotto bei Ponte Brolla	20:30 <i>Chor Goccia di voci, evangelische Kirche Ascona</i>	



## **1.4 Themen und Fragestellungen der hydrologischen Fachexkursion im Tessin**

### **1. Energiesektor und Wasserkraftnutzung (2 Personen)**

*Wie sieht die Situation im Energiebereich im Tessin aus, und welche Rolle spielt die Wasserkraftnutzung (Zoom Out)? Zum Exkursionsgebiet: wie hat sich die Wasserkraftnutzung im Raum und Zeit entwickelt, was waren und sind die Vorteile/Nachteile bzw. Schwierigkeiten und Auswirkungen (Zoom in)?*

### **2. Abflussmessstation Maggia-Locarno, Solduno (1 Person)**

*Wie wird eine Abflussmessstation betreut? Wie wird die Messstelle ausgewählt? Wie ist ihre Messreihe charakterisiert? (Regime, Dauerkurve, Maxima, Minima, Variabilität, Saisonalität,..)*

### **3. Hydrologische Aspekte des Maggiatals (2 Personen)**

*Wie sieht der Wasserhaushalt der Region aus? Wie verändern sich die verschiedenen Komponenten mit der Höhe? Vergleiche es mit anderen Regionen der Schweiz.*

### **4. Morphologie ausgewählter Abschnitte der Maggia (1 Person)**

*Wie hat sich das Maggital zum heutigen Stand entwickelt? Was prägt es, welche Prozesse sind abgelaufen, welche sind immer noch am laufen und wie haben sich die menschliche Eingriffe auf die Morphologie ausgewirkt?*

### **5. Das Maggia Delta (2 Personen)**

*Erläutere die Entwicklung des Maggia Deltas, und vergleiche es mit anderen Deltas in der Schweiz (z.B. Rhein Delta bei der Mündung in den Bodensee). Welches waren die Eingriffe des Menschen auf den Fluss in diesem Gebiet und was hatte dies für Auswirkungen?*

### **6. Charakterisierung des Basodino Gebietes (2 Personen)**

*Stelle das Basodino Gebiet vor und versuche die Rolle des Gletschers in der Vergangenheit, in der Gegenwart und in der Zukunft miteinzubeziehen.*

### **7. Hochwasser gestern und heute (1 Person)**

*Hochwasser haben seit langer Zeit die Menschen und ihren Lebensraum beeinflusst. Welches sind die Dynamiken von Hochwassern in der Region und wie wird heute damit umgegangen.*

### **8. Klima der Region (1 Person)**

*Was versteht man unter Klima einer Region? Was sind die wichtigen Messgrößen um es beschreiben zu können? Zum Exkursionsgebiet: beschreibe die Gegebenheiten und Besonderheiten des Gebietes in diesem Sinne, und vergleiche es mit anderen Regionen der Schweiz.*

### **9. MeteoSchweiz Nowcasting (1 Person)**

*Was versteht man unter Nowcasting? Welches sind die Zutaten, die Unsicherheiten, die nächsten Schritte? Wie wichtig ist heute dieser Bereich der meteorologischen Vorhersagen?*

### **10. Tagesbericht (3 Personen, 1 pro Tag)**

*Überblick, wichtige Erkenntnisse, Fazit vom 10./11./12.6.2015.*

Diese Themenbereiche und Fragestellungen wurden von den Studierenden bearbeitet und sind im vorliegenden Bericht dokumentiert.

## 2 Energiesektor und Wasserkraftnutzung

Carla Laub und Laura Ebnetter

*Im Tessin wird gemäss dem Verband TicinoEnergia ein Drittel der Energie durch Elektrizität generiert und zwei Drittel durch fossile Energieträger. Wichtige Verbraucher sind:*

- *Immobilien: Heizung*
- *Verkehr: Individual- und Berufsverkehr*
- *Haushalte, Dienstleistungs- und Industriesektor*

### 2.1 Energieentwicklung

Bei der Analyse der Dynamik des Schweizer Energiesystems zeigt Herr Noembrini, Direktor vom Verband TicinoEnergia, auf, dass momentan lediglich der Heizenergiebedarf sinkt und der Bedarf an Strom und Verkehr steigt. Durch den drohenden Klimawandel ist es das Ziel von TicinoEnergia eine Tonne CO<sub>2</sub> pro Person und Jahr einzusparen. Aktuell betragen die Emissionen 5 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr und pro Person.

Es gibt vier verschiedene Möglichkeiten dieses Ziel von einer Tonne Kohlenstoffdioxid Reduktion zu erreichen:

- *Reduce*: Reduzieren des Verbrauchs an Energie
- *Remove*: Entnahme des Kohlenstoffdioxids aus dem System mittels einer Speicherung, zum Beispiel im Ozean oder in Böden
- *Replace*: Ersetzen der herkömmlichen Energie durch andere Energieformen
- *Recycle*: Wiederverwendung der produzierten Energie, zum Beispiel durch Nutzung von Abwasserwärme

Herr Noembrini sieht ein Potential bei der Effizienzsteigerung im Individualverkehr – pro Person werden 2.7 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr verbraucht. Zurzeit beträgt die normale Auslastung pro Auto 1.6 Personen und die totale Effizienz für ein normales Auto 1.7%. Für einen Offroader sind es lediglich 0.5% Effizienz. Wenig Einsparpotential sieht Noembrini beim Flugverkehr, es werden zurzeit pro Person und Jahr 0.5 t CO<sub>2</sub> verbraucht.

Um die Effizienz zu steigern sieht Herr Noembrini Potential im Technologiebereich. Eine Verbesserung der Batterien wäre eine Möglichkeit, unter anderem die Verbesserung der Batterien von Hybrid-Autos um diese marktfähiger zu machen. Ausserdem ist gemäss Noembrini nicht zu vernachlässigen, wie der Strom produziert wird, den die Fahrzeuge beziehen. Nur wenn der Strom aus einer erneuerbaren Energiequelle stammt, ist eine Reduktion des CO<sub>2</sub>-Verbrauchs möglich.

Herr Noembrini vertritt den Standpunkt, dass das Reduktionsziel nur erreicht wird, wenn die Politik klare Rahmenbedingungen vorgibt.

### 2.2 Rolle der Wasserkraft und ihre Entwicklung in der Region

In der Schweiz werden zwei Drittel des Elektrizitätsbedarfs mit Wasserkraft gedeckt (BFE 2014). Der Hauptanteil des Stroms aus Wasserkraft stammt aus den Bergkantonen Uri, Graubünden, Tessin und Wallis (BFE 2015).

Gründe für die tragende Rolle des Tessins bei der Produktion von Wasserkraft mögen die Anzahl der Anlagen und die nutzbare Höhendifferenz im Einzugsgebiet sein. Das Beispiel der Maggia Kraftwerk AG, Ofima, zeigt, dass die grösste Differenz zwischen dem obersten Staubecken Gries und dem Lago Maggiore 2'193 Meter beträgt. Alleine die Kraftwerkanlage Ofima produziert jährlich 1265 GWh Strom, was laut Herr Buzzini, Ingenieur bei Ofima, den Bedarf von bis zu 300'000 Haushalten deckt.

Die Wasserkraftanlage der Maggia Kraftwerke AG wurde in zwei Etappen, in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts, erstellt. Die Konzessionen der Anlagen laufen in den Jahren 2035, respektive 2048 aus. Bei Konzessionen handelt es sich um das Nutzungsrecht der Ressource Wasser durch die Maggia Kraftwerke AG. Diese sind im Besitz der Infrastruktur, während das Wasser den Gemeinden gehört. Ab 2035, nach Ablauf der Konzessionen, entscheiden die Gemeinden neu über die künftige Nutzung des Wassers (Heimfall).

## 2.3 Vor- und Nachteile der Wasserkraft im Maggiatal

Die Erstellung von Wasserkraftanlagen in einer Region bedeutet immer auch einen Eingriff in ein Ökosystem. Ökologische Folgen der Wasserkraftanlage der Maggia Kraftwerke AG sollen im Folgenden dargelegt werden:

- Die Regulierungen aufgrund der Staudämme im Flussoberlauf der Maggia haben zu einer 75% Abnahme des durchschnittlichen jährlichen Abflusses geführt (Molnar et al. 2008). Der Abfluss sank von  $520 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$  vor den Staumauerkonstruktionen auf  $130 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$  nach den Staumauerkonstruktionen (Molnar et al. 2008).
- Die Restwassermenge der Staudämme spielt für das Ökosystem des Flussunterlaufs eine entscheidende Rolle. Die Mindestrestwassermenge eines Fliessgewässers wird im Gewässerschutzgesetz aufgrund des  $Q_{347}$  definiert.  $Q_{347}$  ist der über zehn Jahre gemittelte, durchschnittliche Abfluss, der während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird (Dändliker 1997).
- Die Stauseen verhindern die jährlichen, durch die Schneeschmelze herbeigeführten, Hochwasser im Sommer im Maggiatal. Die Regulierungen durch die Stauseen haben unter anderem einen Einfluss auf die natürliche Vegetation am angrenzenden Flussufer. Seit dem Aufbau der Wasserkraftnutzung in der Region konnte eine Stabilisierung der Vegetation im Überschwemmungsgebiet der Maggia beobachtet werden (Molnar et al. 2008).
- Die Staudämme im Flussoberlauf führen weiter zu einem Unterbruch des Geschiebetransports. Das Geschiebe lagert sich im Stausee ab. Abhängig von der Dimension des Staubeckens und der Menge des Geschiebes wird das Becken in regelmässigen Abständen von Sedimenten befreit.

Bei Hochwassern mit viel Geschiebetransport, wie in den 70er und 80er Jahren, reagieren die Staubecken sehr sensibel. Die Seen sind zu klein um grosse Hochwasser zu puffern. Dies führte bei den Starkniederschlägen im Jahr 1978 zu einer Ansammlung von Treibholz im Stausee Palagnedra im Centovalli. Daraus folgte die Blockierung der Strasse, welche über die Staumauer führte und zum Überlauf von Wasser. Das Hochwasser klang aber vor einem drohenden Bruch der Staumauer wieder ab.

- Das unregelmässige Abflussregime im Unterlauf der Staudämme beeinflusst die Ökologie stark. Das Bundesamt für Umwelt schätzt, dass 30% der Schweizer Fliessgewässer von der Schwall-Sunk-Problematik betroffen sind (BAFU 2014). Dabei handelt es sich um „regelmässige

Abflussschwankungen in Fliessgewässern [...], welche durch den bedarfsorientierten Betrieb [...] von Speicherkraftwerken hervorgerufen werden“ (Pflaunder und Keusen 2007). Diese treten im Gegensatz zu Hochwasserabflüssen in regelmässigen Abständen und in erhöhter Frequenz auf. Weiter zeichnen sie sich durch einen deutlich rascheren Abflussrückgang aus. Ökologische Auswirkungen können dabei folgende sein: „verminderte Individuendichte, veränderte Lebensgemeinschaften, ein reduziertes Nahrungsangebot“ oder das Stranden von Jungfischen bei raschem Pegelrückgang (Pflaunder und Keusen 2007).

### 3 Abflussmessstation Maggia-Locarno, Solduno

Samuel Michael Storz

#### 3.1 Regime

Die Abflussmessstation in Solduno (202 m ü.M.), einer politischen Gemeinde von Locarno, besteht in ihrer heutigen Form seit 1985. Die Einzugsgebietsfläche beträgt 926 km<sup>2</sup> und liegt auf einer mittleren Höhe von 1530 m ü.M. An dieser Stelle wird die Maggia in ihrer ganzen Länge berücksichtigt, da diese kurz danach in den Lago Maggiore fliesst. Insgesamt sind 0.9 Prozent der Gesamtfläche vergletschert. Nach Aschwanden und Weingartner (1985) kann diesem Einzugsgebiet somit ein „nivo-pluvial méridionales“ Abflussregime zugeordnet werden. Mit den sogenannten Pardé-Koeffizienten (PK), welche aus dem Quotient von mittlerem, jährlichen Monatsabfluss (MQ\_Monat) geteilt durch den mittleren, jährlichen Jahresabfluss (MQ\_Jahr) bestehen, wird ein solches Regime beschrieben. Quotienten über 1 definieren folglich MQ\_Monat > MQ\_Jahr. Tab. 1 zeigt die Werte für das zuvor erwähnte Abflussregime. Somit werden mit der grossen Schneeschmelze im Frühling grundsätzlich die höchsten Abflüsse im Mai und Juni gemessen. Ein zweiter aber bedeutend kleinerer Peak erfolgt durch die mediterranen Herbstniederschläge zwischen Oktober und September (Molnar et al. 2008).

**Tab. 1:** Pardé Koeffizienten für ein "nivo-pluvial méridionales Abflussregime (BAFU 2005).

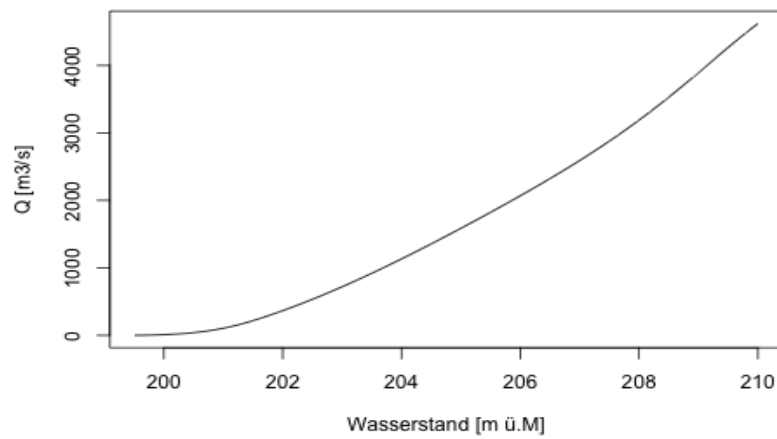
Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0.33	0.31	0.56	1.26	2.18	1.73	0.99	0.73	1.18	1.36	0.91	0.44

Die Erschliessung der Wasserkraftwerke im Jahre 1952 hat die zuvor beschriebene Saisonalität der Maggia grundlegend verändert. Der jährliche Abfluss wurde damit um 75 Prozent reduziert. Die künstliche Regulierung hat die sommerlichen Überschwemmungen quasi aufgehoben. Die Kraftwerkskette flussaufwärts hat zur Folge, dass grösstenteils nur Restwasser bei der hydrologischen Station in Solduno gemessen wird und stellt somit eine Besonderheit dar.

#### 3.2 Querschnitt

Ziel jeder hydrologischen Messstation ist es, eine Beziehung zwischen Wasserstand  $h$  [m] und Abfluss  $Q$  [m<sup>3</sup>/s] herzustellen (siehe Abb. 3). Mit diesem Wissen muss nachträglich nur noch die einfach messbare Variable  $h$  bekannt sein um auf den Gesamtabfluss zu schliessen. Der Wasserstand wird zurzeit mit einer Drucksonde und einem geneigten Lattenpegel eruiert. Mit der Vermessung des Querprofils kann jedem Pegelstand eine Querschnittsfläche  $A$  [m<sup>2</sup>] zugeordnet werden. Um die Fliessgeschwindigkeit  $v$  zu bestimmen wird mehrheitlich ein fix installierter Flügel verwendet. Mit  $v \cdot A$  kann schlussendlich auf die Abflussmenge  $Q$  geschlossen werden. Der Querschnitt hat sich, laut Betreiber der Station, über die letzten Jahre aufgrund von Geschiebeablagerungen nachteilig verändert. Die ungleiche Verteilung des Geschiebes im Bachbett verunmöglicht es gleichmässig überall mit dem Flügel zu messen. Dieser benötige eine Mindesttiefe von ca. 0.25 m. Über die ganze Zeitspanne wurde ein Maximum von 3090 m<sup>3</sup>/s (1992) und ein Minimum von 0.69 m<sup>3</sup>/s (1995) gemessen, während der Durchschnitt bei 22.7 m<sup>3</sup>/s liegt. Mit der PQ-Beziehung (siehe Graphik) wurde dem Hochwasser von 1978 eine Abflussmenge von 4800 m<sup>3</sup>/s zugeschrieben, was ca. einem 100 jährlichen Ereignis entspricht. Diese unglaubliche Menge lässt sich mit der knapp 14 fachen Menge eines 100 jährlichen Ereignisses der Aare in Bern vergleichen, um die Dimensionen etwas aufzuzeigen. Laut dem Betreiber zeichnet sich diese Station des Weiteren durch grosse Variabilitäten bezüglich des Wasserstandes aus, nicht zuletzt wegen der Oberflächenabfluss

begünstigenden Geologie des Einzugsgebietes. Es seien Schwankungen zwischen 50 und 1000 m<sup>3</sup>/s in nur einer Nacht möglich.



**Abb. 3:** PQ-Beziehung, Solduno Querschnitt (eigene Graphik, Daten BAFU).



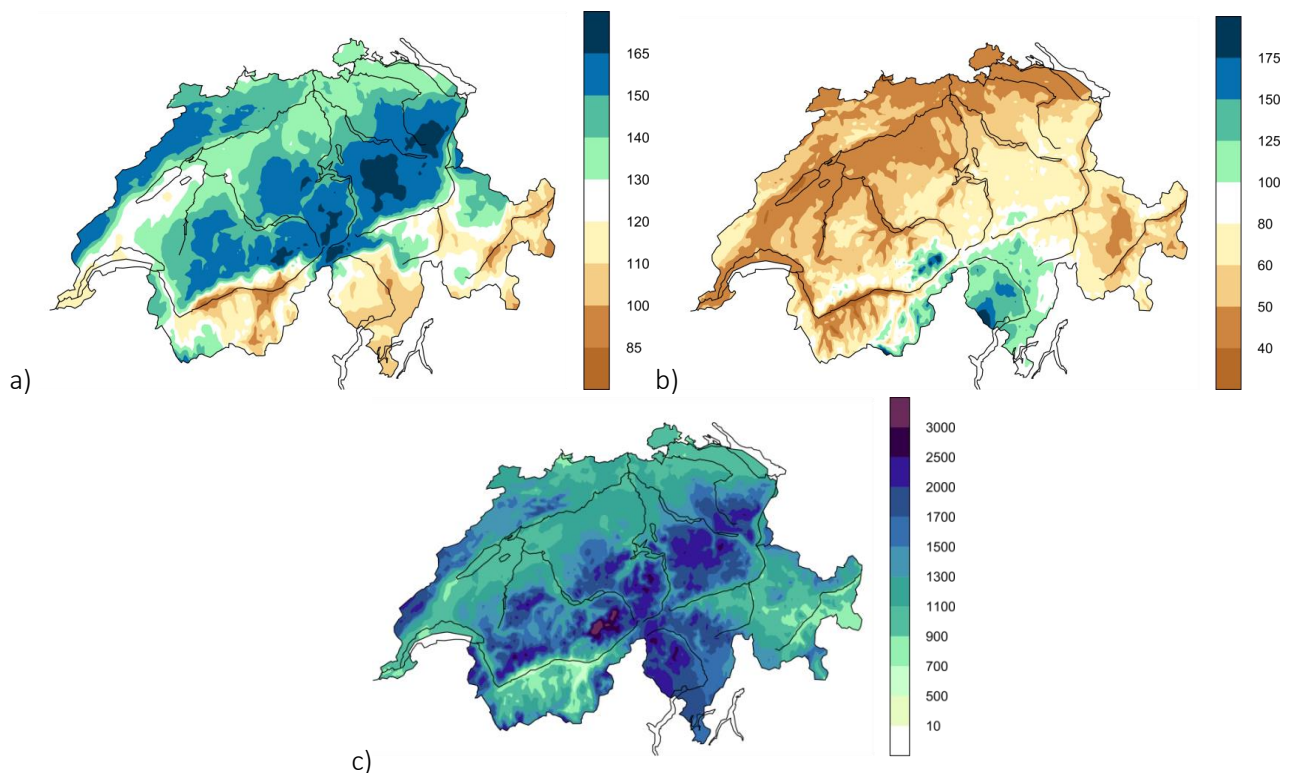
## 4 Hydrologische Aspekte des Maggiatals

Aline Baumann und Naina Cavelti

*Der Wasserhaushalt in der Region der Maggia wird durch seltene, dafür relativ heftige Niederschläge und einem sehr variablen Abfluss beeinflusst. Die Maggia weist deshalb hohe Spitzenabflüsse auf. Im Oberlauf der Maggia herrscht ein nivales Abflussregime, im Unterlauf ein nivo-pluviales. Weiter hat auch die Nutzung der Wasserkraft in dieser Region einen Einfluss auf den Wasserhaushalt des Maggiatals.*

### 4.1 Niederschlag

Das Tessin ist die Sonnenstube der Schweiz. Abb. 4a zeigt, dass es im Süden der Schweiz an weniger Tagen im Jahr regnet als auf der Alpennordseite. Im Vergleich zur restlichen Schweiz ist der Jahresniederschlag im Tessin aber einer der grössten (vgl. Abb. 4c). Dies bedeutet, dass es zwar seltener regnet, dafür die einzelnen Niederschläge intensiver sind (Abb. 4b).



**Abb. 4:** a) Mittlere Anzahl Tage mit Niederschlag 1981-2010, b) Maximale 1-Tages-Niederschlagssumme [mm] 1981-2010, c) Durchschnittlicher Jahresniederschlag [mm] 1981-2010 (MeteoSchweiz 2015).

## 4.2 Abfluss

Das Einzugsgebiet der Maggia und deshalb auch deren Abfluss stehen unter dem Einfluss der oben erwähnten Gegebenheiten.

### 4.2.1 Abflussregime

Als Abflussregime werden „die langjährigen mittleren saisonalen Schwankungen des Abflusses“ (Aschwanden und Weingartner 1992) verstanden.

Die Maggia kann in zwei unterschiedliche südalpine Abflussregime eingeteilt werden. Der Oberlauf des Flusses entspricht einem nival méridionalen Regime. Nach Aschwanden und Weingartner (1985) finden die grössten Abflüsse bei diesem Regime in den Monaten Mai bis Juli statt. Minimale Abflüsse kommen zwischen Januar bis März vor (Abb. 5). Unterhalb von Cevio wechselt das Regime zu einem nivo-pluvialen méridionalen Regime. Dieses Regime ist, im Vergleich zum nival méridionalen Regime, stärker vom Niederschlag beeinflusst. Die grössten Abflüsse finden im Monat Mai, das Abflussminimum in den Monaten Januar und Februar statt (Aschwanden und Weingartner 1985).

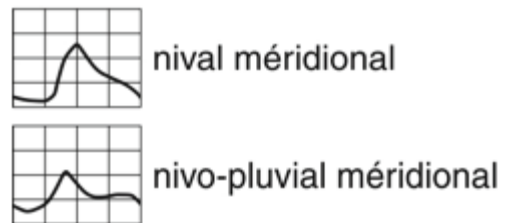


Abb. 5: Abflussregime (Aschwanden und Weingartner 1992).

### 4.2.2 Abflussdaten

Im Folgenden werden die Abflussdaten der Messstation bei Locarno sowie bei Bignasco beschrieben und verglichen. Die Daten stammen vom Bundesamt für Umwelt. Die Station bei Locarno liegt auf 202 m ü.M. Das Einzugsgebiet ist 926 km<sup>2</sup> gross. Im Jahr 2014 lag das Jahresmittel des Abflusses der Maggia bei Locarno bei 36 m<sup>3</sup>/s. Der maximale Spitzenabfluss dieses Jahres lag bei 1501 m<sup>3</sup>/s und wurde am 13. Oktober 2014 gemessen. Das Tagesmittel betrug an diesem Tag 785 m<sup>3</sup>/s. Wird die Zeitreihe von 1985-2013 betrachtet, so beträgt der mittlere jährliche Abfluss über diese Periode 22.7 m<sup>3</sup>/s. Im Jahre 1992 betrug der Spitzenabfluss 3084 m<sup>3</sup>/s. Dies ist der höchste gemessene Wert in der Zeitperiode von 1985-2013.

Die Station Bignasco liegt auf 432 m ü.M bei einer Einzugsgebietsgrösse von 315 km<sup>2</sup>. Das Jahresmittel des Abflusses lag im Jahr 2014 bei 5.08 m<sup>3</sup>/s. Der Spitzenabfluss betrug 364 m<sup>3</sup>/s und wurde am 23. Mai 2014 registriert, bei einem Tagesmittel von 170 m<sup>3</sup>/s. Der mittlere jährliche Abfluss von 1982-2013 beträgt 3.98 m<sup>3</sup>/s. Ebenfalls im Jahre 1992 wurde der Spitzenabfluss von 650 m<sup>3</sup>/s gemessen. Es lässt sich also zusammenfassen, dass der mittlere jährliche Abfluss im Unterlauf der Maggia grösser ist. Dies liegt unter anderem an der grösseren Fläche des Einzugsgebietes sowie an dem Zufluss der Melezza, welche bei Ponte Brolla in die Maggia mündet. Mit zunehmender Höhe nimmt also der Abfluss ab.

### 4.2.3 Vergleich Abfluss Maggia und Emme

In diesem Abschnitt wird der Abfluss der Maggia mit dem Abfluss der Emme verglichen (BAFU 2014). Die beiden Gewässer weisen in etwa ein gleich grosses Einzugsgebiet auf (Maggia bei Locarno: 926 km<sup>2</sup> und Emme bei der Limpachmündung 939 km<sup>2</sup>). Im Jahre 2014 lag das Jahresmittel der Emme bei 22.2 m<sup>3</sup>/s. Der Spitzenabfluss 2014 betrug 422 m<sup>3</sup>/s und wurde am 24. Juli registriert. Der mittlere jährliche

Abfluss beträgt von 1922-2013 19.2 m<sup>3</sup>/s. Im Jahre 2007 wurde ein Spitzenabfluss von 662 m<sup>3</sup>/s gemessen. Es kann also festgestellt werden, dass trotz gleicher Grösse des Einzugsgebietes der Spitzenabfluss in der Maggia viel grösser ausfällt als in der Emme. Werden die mittleren Jahresabflüsse über die Zeitperioden von 1985-2013 und 1922-2013 betrachtet, so liegen diese in etwa in derselben Grössenordnung. Grosse Unterschiede in Bezug auf den Abfluss zwischen den beiden Flüssen liegen also bei den Spitzenabflüssen. Ein Grund für die hohen Spitzenabflüsse in der Maggia ist die Geologie im Maggiatal. Der Untergrund besteht aus Gneis. Dieses Gestein weist eine geringe Infiltrationsrate auf. Als weitere Gründe für die Spitzenabflüsse der Maggia können die steilen Hängen sowie die hohen Niederschlagsintensitäten im Tessin genannt werden.

### **4.3 Verdunstung**

Im Einzugsgebiet der Maggia fallen pro Jahr ca. 1'800 mm Niederschlag (Istituto Scienze della Terra, Dipartimento Ambiente, Costruzioni e Design 2013). Auf der Alpennordseite in Bern beträgt der Jahresniederschlag ca. 1'000 mm/a (AWA 2014). Die Verdunstung in Locarno beträgt etwa 580 mm/a (Menzel et al. 1999). In Bern verdunsten pro Jahr etwa 430 mm Wasser (ebd.). Da die Sonneneinstrahlung in Locarno höher ist, ist auch die Verdunstung grösser als in Bern. Dieser Effekt wird jedoch durch die hohe Luftfeuchtigkeit abgeschwächt. Im Tessin verdunstet also wegen der Einstrahlung mehr, die Luft kann aber wegen der schon hohen Feuchtigkeit weniger Wasserdampf aufnehmen.

## 5 Morphologie ausgewählter Abschnitte der Maggia

Adrian Wicki

### 5.1 Geologie

Das Einzugsgebiet der Maggia besteht vorwiegend aus anstehendem Fels von kristallinen Gesteinen. Daneben sind die Täler mit fluviatilen Sedimenten verfüllt, an den Talflanken sind auch Schutthalden und Moränen vorhanden. Das relative Relief ist sehr hoch, wobei der tatsächliche Talgrund V-förmig übertieft ist. Diese Übertiefung rührt von der Austrocknung des Mittelmeeres im späten Miozän her. Aufgrund des niedriger liegenden Erosionsniveaus führte rückschreitende Erosion zu einer starken Vertiefung der Täler auf der Südseite der Alpen. Als der Meeresspiegel im Mittelmeer später wieder stieg, wurden diese Täler mit fluvialen Sedimenten verfüllt.

### 5.2 Morphologie und fluviatile Prozesse

Die Morphologie entlang der Maggia ist geprägt von verschiedenen fluviatilen Prozessen. Wo die Flussufer nicht verbaut sind und aus leicht erodierbarem Material bestehen, mäandriert die Maggia (Abschnitt bei Avegno). Am Prallhang wird durch Seitenerosion Material abgetragen und am Gleithang wird es sedimentiert. So verlagert sich der Flusslauf im Laufe der Zeit. Auf flacheren Fliesstrecken verringert sich die Fliessgeschwindigkeit und es kann zur Ablagerung von Material und der Bildung von Sandbänken kommen, wie dies bei Someo der Fall ist. Überwiegt hingegen die Tiefenerosion und sind die Ufer stabil, können sich Schluchtstrecken ausbilden. Eine solche Schluchtstrecke befindet sich bei Ponte Brolla, wo sich die Maggia eindrücklich tief in das Festgestein eingetieft hat.

Aus den Seitenbächen wird viel Schwemmmaterial in das Haupttal verfrachtet. Vermag die Maggia nicht das gesamte Material abzutragen, so lagert sich dieses an den Einmündungen in die Maggia ab und grosse Schwemmkegel bilden sich aus. Die Orte Maggia, Gordevio oder Avegno liegen auf einem Schwemmkegel. Verändert sich die Schwemmfracht oder die Erosionsbasis über die Zeit, kann sich der Seitenbach wieder in den alten Kegel eintiefen (Tiefenerosion), wie dies auf vielen Kegeln im Maggiatal der Fall ist. An den Oberläufen der Seitenbäche ist oft zu sehen, wie sich die meist saisonal Wasser führenden Bäche in den Untergrund eintiefen, wobei man von rückschreitender Erosion spricht.

### 5.3 Ökomorphologie

In der Ökomorphologie werden einzelne Abschnitte eines Flusses bezüglich der Lebensraumqualität für Pflanzen und Tiere beurteilt. Als fördernd für die Biodiversität gelten naturnahe Bäche. Solche Bäche weisen eine hohe Variabilität der Fliessgeschwindigkeit und Fliesstiefe auf, haben kiesreiche Bachsohlen, ermöglichen die Quer- und Längsvernetzung und haben eine standortgerechte Ufervegetation mit viel Schatten (Abb. 6). Die Maggia weist viele dieser Merkmale auf und wird so auch fast durchgehend als natürlich bis wenig beeinträchtigt beurteilt. Ein Grund hierfür dürfte sein, dass das Tal nicht sehr dicht besiedelt ist und dass sich besiedelten Gebiete oft nicht am Talboden oder nur am Talrand befinden.



**Abb. 6:** Die Maggia weist eine gute Quervernetzung und eine hohe Lebensraumvielfalt auf.

## 6 Das Maggiadelta

Stefan Schürmann und Martial Oggier

### 6.1 Das Maggiadelta im Vergleich mit dem Ticino- und Verzasca-Delta sowie dem Rheindelta

Das Delta, welches die Maggia bei ihrer Mündung in den Lago Maggiore bildet, wurde aufgrund der klassischen Morphologie zum „Musterbeispiel des Deltas“ (Lambert 1988). So bildet die Maggia im Vergleich zu anderen Flüssen wie dem Ticino und der Verzasca ein fächerförmiges Delta. Der Ticino und die Verzasca hingegen schieben ihre Ablagerungen entlang einer beinahe geraden Linie in Richtung Westen in den Lago Maggiore (EAWAG 2009).

Das heutige Maggiadelta füllt ein Volumen von schätzungsweise  $2.6 \text{ km}^3$  auf (Lambert 1988). Einst wies das Maggiadelta eine viel kleinere Fläche auf. Allerdings beschleunigte das von der Maggia angeschwemmte Geschiebe die Deltabildung, indem sie die Randzonen des Deltas gegen den Lago Maggiore hin vorschoben (Brunner et al. 1950). Zwischen 1932 und 1952 nahm das Maggiadelta um  $243'000 \text{ m}^3$  pro Jahr zu. Zwischen 1952 und 1984 lagerte die Maggia im Mittel zirka  $325'000 \text{ m}^3$  pro Jahr beim Maggiadelta ab, was einem jährlichen Eintrag von  $351 \text{ m}^3$  pro  $\text{km}^2$  Einzugsgebiet der Maggia entspricht (Lambert 1988). Auf diese Weise wurde jährlich Raum gewonnen. Um diesen Aspekt zu verdeutlichen muss man sich vor Augen führen, dass in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts das Castello Visconti (Abb. 7, roter Stern) mit einem Hafen



Abb. 7: Das Maggiadelta mit dem Castello Visconti (roter Stern) (geo.admin.ch 2015).

versehen war, der durch einen Kanal mit dem Lago Maggiore verbunden war. Allerdings trennten die Geschiebeablagerungen der Maggia das Schloss sowie dessen Umgebung immer mehr vom Lago Maggiore. Bereits im Jahr 1535 war dieser Binnenhafen nicht mehr mit dem See verbunden und verwandelte sich später in einen grünlichen Teich, welcher von der Bevölkerung „il Laghetto“ genannt wurde. Im Jahr 1950 lag das Schloss schlussendlich zirka 700 m vom Ufer des Lago Maggiore entfernt (Brunner et al. 1950).

Der Ticino und die Verzasca schütteten zusammen von 1932 bis 1986 jährlich „lediglich“ zirka  $300'000 \text{ m}^3$  in den Lago Maggiore, was im Vergleich zur Maggia einem weniger als halb so grossen Eintrag von  $152 \text{ m}^3$  pro  $\text{km}^2$  Einzugsgebiet entspricht. Zudem weist das Maggiadelta im Gegensatz zu den Ticino- und Verzasca-Deltas ein beschleunigtes Wachstum auf (Lambert 1988).

Wenn man den Blick über die Grenze des Kantons Tessin wagt und das Maggiadelta mit anderen Delta wie dem Rheindelta vergleicht, so stösst man auf Gemeinsamkeiten. Aufgrund genauer Sonar-Aufzeichnungen aus dem Jahr 2009 ist ersichtlich, dass sich am Abhang des heutigen Maggiadeltas keine unterseeische Rinne befindet, in der Fortsetzung früherer Mündungen der Maggia vor Ascona jedoch schon. Dieser Fakt lässt Rückschlüsse auf die Häufigkeit und Zusammensetzung der Geschiebezufuhr der



Maggia zu (EAWAG 2009) und konnte auch beim Rheindelta im Bodensee festgestellt werden. So wurde 1883 beim Delta des „alten“ Rheins eine subaquatische Rinne entdeckt. Im Jahr 1988 konnte vor der neuen – damals zirka 90 Jahre alten – Rheinmündung in den Bodensee noch keine Rinne festgestellt werden (Lambert 1989). Der Grund dafür liegt gemäss Krapf (Lambert 1989) darin, dass bei der neuen Rheinmündung kein kleines Verhältnis von Geschiebe zu Schwebstoff sowie kein grosses Gefälle vorliegt.

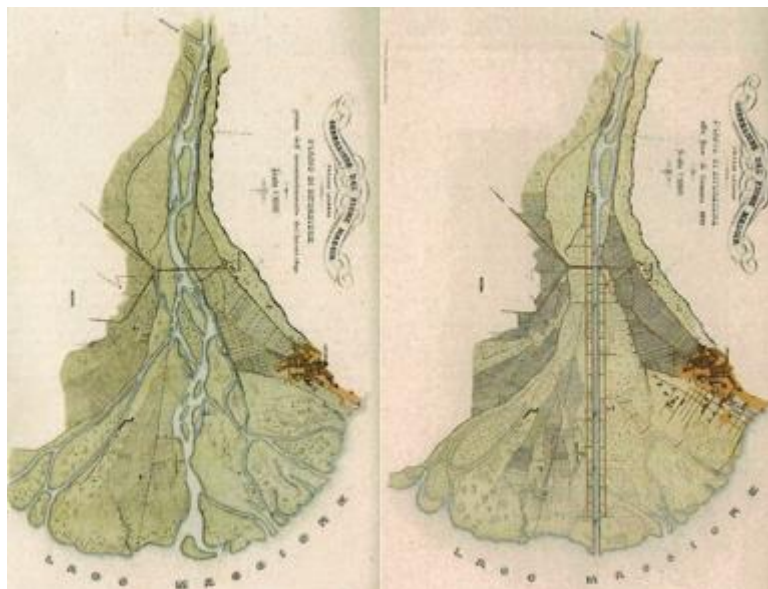
## 6.2 Anthropogene Eingriffe auf die Maggia im Gebiet des Maggiadeltas und deren Auswirkungen

Die Maggia verlegte ihren Hauptarm mal gegen Ascona, mal gegen Locarno. Zum Schutz der Siedlungen und der bebauten Flächen wurde die Regulierung der Maggia angeordnet (Brunner et al. 1950). Am 23. Mai 1890 gab der Regierungsrat dem Departement für öffentliche Bauten den Auftrag, mit der Planung der Eindämmung der Maggia von der Brücke bei Ascona bis zur Mündung zu beginnen. Aufgrund der Unvorhersehbarkeit des Flusses war es schwierig zu beurteilen, wie breit der Kanal werden sollte. Es standen zu wenige Daten über eine kurze Zeitspanne für die Abschätzung zur Verfügung. Unter anderem mussten folgende Faktoren berücksichtigt werden: das Einzugsgebiet des Flusses, der Höchstwasserstand aus dem Jahr 1868, die beförderte Materialmenge und der Einfluss des Sees. Schlussendlich entschieden sich die Planer für einen Doppelprofilkanal. Der Doppelprofilkanal weist gemäss Solcà und Chiappa (2012) einen Querschnitt von 160 m und eine Länge von über 3 km auf. Im Falle eines Hochwassers kann der Kanal eine maximale Wassermenge von 1'800 m<sup>3</sup>/s aufnehmen. Der innere Kanal sollte 50 m breit sein und eine Durchflussmenge von 700 m<sup>3</sup>/s fassen können (Solcà und Chiappa 2012).

Am 29. Oktober 1890 wurde das Konsortium gegründet, welches den Bau mit Unterstützung der Eidgenossenschaft und des Kantons ausführen sollte. Die Arbeiten starteten am 7. Februar 1891 am rechten Ufer. Das notwendige Material stammte aus dem Steinbruch von Arbigo bei Losone. In einer späteren Phase wurde die bestehende Struktur verstärkt und 150 m nach der Brücke eine Sperre erstellt. Diese sollte das Flussbett vor Erosion und das Fundament der Dämme generell schützen (Solcà und Chiappa 2012).

Nach Brunner et al. (1950) waren 200 Arbeiter am Unternehmen beteiligt. Sie trieben das Werk vor allem in den Trockenzeiten voran. Im Sommer 1900 galt die Gewässerkorrektur als abgeschlossen (Brunner et al. 1950).

Neben der Eindämmung der Maggia war der Brückenbau ein weiterer wichtiger anthropogener Eingriff. Dabei verhinderte die Ausdehnung und Unbeständigkeit der Maggia lange Zeit den Bau eines dauerhaften Flussübergangs. Man hatte kleine Holzbrücken errichtet, welche die Strömung aber bald wieder fortriss. Im Jahr 1845 wurde eine neue Steinbrücke mit 12 Bogen auf mächtigen Pfeilern gebaut. Ein gewaltiges Hochwasser zerstörte fünf Stützen, bevor das Bauwerk



**Abb. 8:** Maggiadelta vor der Eindämmung der Maggia im Jahr 1890 und ein Jahr vor Fertigstellung des Kanals im Jahr 1899 (Solcà und Chiappa 2012).

vollständig fertiggestellt wurde. Es folgten weitere Brücken, die immer wieder dem Hochwasser zum Opfer fielen. Der zunehmende Verkehr zwischen Ascona und Locarno erforderte den Bau einer neuen, starken Brücke. Die Arbeiten begannen im Februar 1930. Allerdings wurde das schon weit fortgeschrittene Bauwerk am 29. Juli 1930 vom Hochwasser zerstört. Der Aufbau begann von neuem und die Brücke konnte im Jahr 1931 dem Verkehr überlassen werden (Brunner et al. 1950).

Die Eindämmung der Maggia führte dazu, dass brachliegende Flächen urbar gemacht und für die Landwirtschaft genutzt werden konnten wie dies in Abb. 8 ersichtlich ist. Durch den Brückenbau wurde die durch die Maggia getrennte Region miteinander verbunden. Zudem hatten beide anthropogenen Eingriffe auf die Maggia im Gebiet des Deltas zur Folge, dass sich Locarno und Ascona wirtschaftlich sowie demographisch weiterentwickelten (Solcà und Chiappa 2012).

## 7 Charakterisierung des Basodino Gebietes

Christiana Sibylla Kreyden und Jacqueline Ernst

*Die Region Basòdino ist Teil der Lepontiner Alpen und umfasst die Einzugsgebiete der Bäche, die in den Mulden von Zött und Robiei, welche heute beide Stauseen sind, münden.*

*Der Basòdinogletscher ist ein wertvoller Zeuge der natürlichen Gletscherentwicklung auf der Alpensüdseite, ist er doch mit einer Oberfläche von 2 km<sup>2</sup> und einem geschätzten Volumen von 0.04 km<sup>3</sup> (Stand 2010) der ausgedehnteste, zugänglichste und am meisten erforschte Gletscher des Tessins. Er ist ein temperierter Gebirgsgletscher, charakterisiert durch eine kleine Nährzone und fehlender Gletscherzunge (Corti et al. 2012).*

### 7.1 Die Geologie des Basodinogebietes

Die Zusammensetzung der Gesteinsarten ist vor allem für die Struktur der Landschaft, aber auch für die Bildung von Flussläufen und für die Entwicklung der Vegetation massgebend. Für die Form der Oberfläche ist hingegen der Gletscher verantwortlich. Durch seine Masse und die Abwärtsbewegung formt und schleift er die Gesteine.

Die Gesteinsdecke des Basòdinogebietes besteht aus metamorphem Gestein und wird Lebendun-Decke genannt. Dieses Gestein, welches vor über 250 Millionen Jahren abgelagert und umgewandelt worden ist, besteht hauptsächlich aus Gneis. Im Norden grenzt die Lebendun-Decke an die geologische Einheit des Bedretto, im Süden an die des Teggiolo. Diese beiden letzteren Einheiten stammen aus der Triaszeit (200-250 Millionen Jahre) und bestehen vor allem aus Kalkschiefer. Im Basòdinogebiet kommt zudem noch eine dritte Gesteinsart vor, es handelt sich um Marmor der zwischen dem Gneis hervorkommt und stark gefaltet ist (ebd.).

### 7.2 Die Rolle des Gletschers in der Vergangenheit

Die Spuren des Gletschers im Gelände wie beispielsweise die Moränen und erratische Blöcke sind zwischen 10'000 und 12'000 Jahre alt. Frühere Zeugen wurden von den jüngeren Vergletscherungen beseitigt. Während der Kälteperioden der grossen alpinen Eiszeiten war die Region, mit Ausnahme der höchsten Kämme, mit Eis bedeckt. Davon zeugen die geschliffenen und abgerundeten Felsen und die Rundhöckerlandschaften.

Die heutigen Moränen entstammen der Dryas und sind seither nicht mehr von Eis überdeckt worden. Innerhalb dieser Moränen ist der Gletscher jedoch um die zehn Mal vorgestossen und hat sich wieder zurückgezogen. Möglicherweise hatte der Gletscher im holozänen Optimum (5'000 bis 4'000 v. Chr) eine noch kleinere Fläche als heute (ebd.).

### 7.3 Die Rolle des Gletschers in der Gegenwart

Mit dem Ende der kleinen Eiszeit um 1850 hat die letzte Phase des Gletscherschwundes begonnen. Seither war der Gletscher während zwei Phasen stationär oder stiess leicht vor (1915-1939 und 1965-1985), was durch gut sichtbare Moränen unterhalb des Cavernogletschers belegt werden kann.

Die starke Temperaturzunahme, welche auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen ist, führte zu einer signifikanten Abnahme des Gletschervolumens ab 1985. Sowohl die wärmeren als auch die ausgedehnten Sommer resultierten in einer Beschleunigung der Gletscherschmelze. So trennte sich der

Gletscher 2008 in zwei Teile; der ausgedehntere Basòdinogletscher, welcher südlich Richtung Lago del Zött ausgerichtet ist und der nördlichere, im Valle di Fiorina gelegenen Cavernogletscher.

Aufgrund der meteorologischen Bedingungen, welche feuchte Luftmassen sowohl aus dem Süden, als auch dem Norden und Westen bringen, sind wirklich schöne Tage, welche eine beachtliche Schneeschmelze von bis zu 10 cm pro Tag bewirken können, eher selten. Zudem bilden sich bei schönem Wetter Cumulus-Wolken im Warmluftstrom entlang der Kämme, spenden dem Gletscher Schatten und verzögern so die Schneeschmelze. In Kombination mit den reichhaltigen Niederschlägen dieser Gegend könnte dies die Erklärung sein, weshalb der Basòdinogletscher verglichen mit den anderen Gletschern der südlichen Alpen bisher besser standgehalten hat.

Die Gletscher stellen für die Kraftwerke wichtige Pufferzonen für die Wasserzufuhr dar. Im Sommer speisen sie die Bäche und Quellen. Die in den Gletschern gespeicherte Eismasse von  $0.04 \text{ km}^3$  entspricht zirka zwei Monaten geschleuderten Wassers des Kraftwerkes von Robiei (ebd.).

#### 7.4 Die Rolle des Gletschers in der Zukunft

Durch den Klimawandel und die damit verbundenen steigenden Temperaturen in den letzten Jahrzehnten, führen auch beim Basòdinogletscher zu grossen Veränderungen. In den vergangenen Jahren hat sich die Gleichgewichtslinie des Gletschers stark zurückgezogen. Sie lag anfangs 1990 noch auf einer Höhe von 2800 m ü.M. und ist bis ins Jahr 2010 auf über 3000 m ü.M. angestiegen (siehe Abb. 9).



**Abb. 9:** Der Basòdinogletscher 1910 (links) und 2011 (rechts) mit der rot eingezeichneten Gleichgewichtslinie (Corti, et al. 2012).

Im Durchschnitt beträgt die Dicke des Basòdinogletschers ca. 21 Meter, aber diese hat in den letzten Jahren auch stark gelitten, es wurden Verluste von mehr als einem Meter gemessen. Es ist absehbar in welche Richtung die Zukunft steuert. Sollten sich die klimatischen Bedingungen in den nächsten Jahren nicht ändern, wird sich der Gletscher immer weiter zurückziehen und in kleine Einzelteile zerfallen bis er am Ende völlig verschwinden wird. So wird der Gletscher in ca. 12 Jahren immer weiter zerstückelt werden und vermehrt aus einzelnen Teilen bestehen. In etwa 20 Jahren werden dann nur noch in den obersten Lagen des Gebirges einzelne Eisfelder bleiben (ebd.).

## 8 Hochwasser gestern und heute

Eva Schober

Der Umgang mit Hochwassern prägt die Besiedelung und Nutzung des Maggiadeltas seit Jahrhunderten. Schon aus dem 14. Jh. sind Zeugnisse bekannt, in denen Schutzmassnahmen gefordert wurden (Solcà und Chiappa 2012). Um die Gemeindefinanzen aufzubessern wurden die Wälder der Maggiatäler im 18./19. Jahrhundert zur Abholzung an private Firmen verpachtet. Wegen dem Verlust an Waldbedeckung konnten sich immer grössere Hochwasserabflüsse bilden. Dicke Kiesablagen und grosse Geröllmengen wurden im Maggiadelta abgelagert und fruchtbare Talböden fielen den Ablagerungen zum Opfer. Die starke Strömung wurde jedoch von Mittelalter bis 19. Jh. auch für Warentransport genutzt (Solcà und Chiappa 2012). Nicht zuletzt wegen den regelmässigen Überschwemmungen blieb die Besiedelung in Locarno und Ascona vor der Kanalisierung der Maggia spärlich (Solcà und Chiappa 2012).

Gemäss (PHBern 2011) ereigneten sich in den Jahren 1640, 1705, 1755, 1823, 1829, 1840, 1868, 1872 und 1878 besonders gravierende Überschwemmungen. Im Oktober 1868 stieg der Seepegel 7.84 m über den Normalstand und das Wasser reichte auf der Piazza Grande von Locarno bis zu der Oberkante der Haustüren. Das grösste Hochwasser des 20. Jh. geschah am 7. August 1978 (PHBern 2011). Innerhalb von 23 Stunden fielen bei der untersten Staumauer der Maggia-Kraftwerke, der Palagnedra, 314 mm Niederschläge. Die Starkniederschläge führten im Centovalli zu einer Flutwelle mit Abflussspitzen von 1800-2000 m<sup>3</sup>/s. Unmengen von Schwemmolz hatten sich im Stausee abgelagert, wodurch die entstehenden Pfeiler der Brücke über den Ablauf verklebten und der Pegel stark anstieg. Als die Flutwelle Palagnedra erreichte, war die maximale Abflusskapazität von 900 m<sup>3</sup>/s bereits erreicht. Das Mauerwerk erlitt starke Schäden (Bauer und Delley 1983; Hauenstein 2009). Vischer zufolge erhöhte man die Kapazität der Hochwasserschutzverbauungen an der Maggia bei Locarno infolgedessen auf 5000 m<sup>3</sup>/s. Schon 1930 wurde diese wegen der verheerenden Schäden der wiederkehrenden Überschwemmungen von 1800 m<sup>3</sup>/s auf 4000 m<sup>3</sup>/s vergrössert (Vischer 1980).

Die Maggia reagiert sehr schnell und stark auf Niederschläge. Das Verhältnis zwischen Maximal- und Minimalwassermengen beträgt bis zu 1:700 (Solcà und Chiappa 2012). Gründe dafür sind das anfänglich beträchtliche Gefälle, und die schwache Vegetationsbedeckung. Wegen der spezifischen Geologie haben die meist geringmächtigen Böden wenig Speicherkapazität. Molnar et al. zeigen auf, dass der mittleren Jahresabfluss nach dem Bau der Maggiakraftwerke um 1954 um 75% zurückging. Jedoch sind vor allem die gemässigten, durch Schneeschmelze hervorgerufenen Sommerhochwasser betroffen, nicht aber die hohen Abflussspitzen im Juni und die durch mediterrane Zyklone verursachten Hochwasser im September-Oktober (Molnar et al. 2008).

Der Pegelstand des Langensees steigt im Gegensatz zum Flusspegel relativ langsam, was den Hochwasserschutz stark erleichtert. Ein von der Tessiner Fachhochschule SUPSI entwickeltes Simulationsprogramm erlaubt es heute mithilfe von Niederschlagswerten und Wetterdaten potentielle Gefahrenzonen direkt auf dem Stadtplan von Locarno zu visualisieren. So können Evakuierungen und Schutzmassnahmen frühzeitig eingeleitet werden (Tagesanzeiger 2014). Um die hohen Versicherungssummen in Ufernähe zu minimieren, wurden die Haushalte in Locarno und Ascona mit mobilen Schutzwänden und Toren ausgestattet. An Schaufensterfassaden von Geschäften und Parkhauseinfahrten werden zudem automatische, fest installierte Stahl- und Glaskonstruktionen verwendet. Die Gefahrenlage am Seeufer spitzt sich besonders auch bei überregionalen Unwettern zu, wenn es ebenfalls in der Poebene zu Hochwassern kommt, da dann der Abfluss im Tessin reguliert werden muss.

## 9 Klima der Region

Marc Wyss

„Klima ist die örtlich charakteristische Häufigkeitsverteilung atmosphärischer Zustände und Vorgänge während eines hinreichend langen Bezugszeitraums, der so zu wählen ist, dass die Häufigkeitsverteilung der atmosphärischen Zustände und Vorgänge den typischen Verhältnissen am Bezugsort gerecht wird.“ (Hendl 1963). Das Klima einer spezifischen Region wie zum Beispiel im Tessin oder im Maggia-Delta wird durch alle möglichen Wetterzustände in dieser Region, sowie deren saisonalen und tageszeitlichen Abfolge definiert. Um das Klima beschreiben zu können, sind langjährige Erhebungen von meteorologischen Daten vonnöten. Dazu zählen unter anderem die Temperatur, der Niederschlag, die Sonneneinstrahlung und damit verbunden die Bewölkung, der Luftdruck, die Luftfeuchtigkeit, der Wind und dessen Richtung sowie die Evapotranspiration. Durch die jahrelange Erfassung dieser Grössen kann auf ein Klima in einer Region geschlossen werden.

Im Maggia-Delta wird oft von einem insubrischen Klima gesprochen. Dieser Name hat seinen Ursprung in der Geologie. Die insubrische Linie läuft von Ost nach West ca. auf der Höhe des Maggia-Deltas. Sie kennzeichnet die Linie an der die Ägäische Platte auf die Europäische trifft. Das insubrische Klima zeichnet sich in den Sommermonaten durch warme und vor allem auch feuchte Luft aus, welche von Südwesten anströmt (Neumann 2014). Ganzjährig, vor allem aber im Winter, werden die kühlen Luftmassen welche von Nordwesten anströmen würden, von den Alpen zurückgehalten – das Klima ist so auch im Winter für schweizer Verhältnisse relativ mild. Folgen davon sind laue Nächte aber auch intensive Schauer mit teils hohen Niederschlagsmengen. Milde Luft von der Po-Ebene sowie feuchte Mittelmeerluft werden durch die Südwestströmung im Tessin an die Alpen gepresst. Durch die orographische Hebung wird die warm-feuchte Luftmischung am Alpensüdhang ausgepresst. Enorme Niederschlagsmengen können so in kürzester Zeit anfallen. Im Norden der Schweiz ist ein solches Szenario durch die Nordwestströmung nicht möglich, da die anströmende Luft kälter ist, und damit viel weniger Feuchtigkeit aufnehmen kann. Durch solch intensive Regenschauer weist das Tessin die höchsten Jahresniederschläge der Schweiz auf (Bern 1000 mm/a gegenüber Locarno-Monti mit ca. 2500 mm/a). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Klima im Tessin verglichen mit dem Norden der Schweiz bedeutend feuchter, wärmer und paradoxerweise sogar sonniger ist (BfS 2015). Sonniger und feuchter deshalb, weil die Niederschläge oft nur von kurzer Dauer, dafür aber von grosser Intensität sind. Deshalb ist der oft gehörte Spruch über das Wetter im Tessin berechtigt: Wenn es einmal regnet, dann regnet es richtig, dafür scheint sonst die Sonne. Das Tessin hat somit den Namen Sonnenstube der Schweiz trotz hoher Niederschlagssummen mehr als verdient.



## 10 MeteoSchweiz Nowcasting, Locarno-Monti

Moritz Iseli

### 10.1 Nowcasting

Der Begriff des Nowcasting bezeichnet in der Meteorologie sehr kurzfristige Wetterprognosen für die nächsten Stunden. So werden Vorhersagen für Gewitter, Starkniederschläge, Schnee, Nebel und Hagelstürme für die nächsten 0-6 Stunden erstellt, welche basierend auf statistischen Informationen berechnet werden. So werden zum Beispiel die Zugrichtungen der Gewitterstürme extrapoliert um rechtzeitig Warnungen für die Behörden und die Zivilbevölkerung auslösen zu können. Der Forschungsschwerpunkt von MeteoSchweiz für Nowcasting befindet sich in Locarno Monti.

### 10.2 Datengrundlagen

In Locarno stehen für die Berechnungen dieser kurzfristigen Prognosen die Daten der Regenradare sowie die Niederschlagsmengen aus den punktuellen Niederschlagsmessern am Boden zur Verfügung. Beide Datenquellen weisen zum Teil erhebliche Fehler auf, welche mittels Algorithmen bestmöglich korrigiert werden. Bei den Radardaten können gerade die Alpentäler nicht gut abgedeckt werden, da sie durch Gebirgszüge von den Radarstrahlen abgeschirmt werden. Beispielsweise das Engadin wird durch die Radarsysteme bisher nur in einer Höhe von sieben Kilometern erfasst, wodurch die Resultate unbrauchbar sind. Zudem können die Strahlen in der Atmosphäre durch Aerosole, Wasserdampf, Bodenecho und weitere Störfaktoren gestreut, reflektiert und abgeschwächt werden. Grundsätzlich macht aber die flächige Abdeckung der Schweiz die Radardaten sehr wertvoll.

Bei stationären Niederschlagsmessern ist zu beachten, dass sie nur punktuelle Werte liefern. Es ist zudem schwierig Schnee zu messen, den Einfluss des Windes einzuberechnen und möglichst repräsentative Messstandorte zu finden. Grosse Mühe bereiten den Wissenschaftlern in Locarno konvektive Niederschläge, welche zur Folge haben, dass die Niederschlagsmengen auch in kleinen Gebieten stark unterschiedlich ausfallen können.

Das Regenradarnetz bestand in der Schweiz lange aus drei Radarstationen an den Orten Albis, La Dôle und Monte Lema. Seit 2014 steht neu eine Station auf der Plaine Morte im operativen Dienst und Ende 2016 soll eine letzte Station auf dem Weissfluhgipfel dazu kommen. Auch die Anzahl der Bodenmessstationen sowie die Abdeckung werden laufend verbessert.

### 10.3 CombiPrecip

Als wichtige Neuerung im Bereich des Nowcasting wurde uns von Herrn Ioannis Sideris von MeteoSchweiz das Programm CombiPrecip vorgestellt. Ziel dieses Programmes ist es, die Zuverlässigkeit und die Genauigkeit der kurzfristigen Vorhersagen zu verbessern. Dies soll vollautomatisch geschehen und so sehr schnell, in Echtzeit, die hochkomplexen Informationen in gewünschter Form (R-Format und GIF) bereitstellen. Das Programm produziert alle 10 Minuten ein Bild, was 144 Bildern pro Tag entspricht. Es kombiniert die Radardaten mit den Niederschlagsmessungen aus den automatischen Messstationen. Das Bild sollte zwischen den angepassten Radardaten und den Messdaten übereinstimmen und die lokalen Messdaten trotzdem nicht zu stark gewichten. Der Algorithmus für dieses Programm wurde von Hr. Sideris entwickelt und weist ein Konfidenzintervall von mindestens 95% auf. Das Programm ist im Moment noch nicht öffentlich zu finden, auf den Smartphone-Apps von MeteoSchweiz läuft im Moment noch die Vorgängerversion INCA.

## **10.4 MAPLE**

Als weiteres Nowcasting-Werkzeug wurde das Programm MAPLE vorgestellt. Dabei werden aktuelle Radardaten in die Zukunft extrapoliert, was die Vorhersage von Gewitterstürmen ermöglicht. Dies erweist sich gerade im Gebirge als schwierig.

## **10.5 MeteoSchweiz**

Das Regionalzentrum Süd von MeteoSchweiz befindet sich seit 1935, also seit 80 Jahren, in Locarno Monti. Es ist zuständig für die Prognosen im Tessin sowie im Engadin. Es wird schwerpunktmässig im Gebiet der Radarmeteorologie geforscht.

## 11 Tagesberichte

### 11.1 Tagesbericht des ersten Exkursionstags

Janine Widmer

Müde von einer ersten Nacht in unbekannten Betten und vielseitigen Geräuschen, machten wir uns am Morgen auf den Weg zu Ofima, der Maggia Kraftwerke AG. Dort hielt zunächst Herr Noembrini, Direktor des Verbandes Ticino Energia, einen Vortrag zum Thema „Energie – Herausforderungen und Lösungsansätze“. Er sprach dabei verschiedene Herausforderungen wie die Abhängigkeit von importierter Energie, den Klimawandel, Speichermöglichkeiten etc. an und ging vor allem auf die Emissionen aus dem Verkehr näher ein. Welches Fazit wir daraus zogen, wird weiter unten erläutert. Den Besuch bei Ofima rundete ein interessanter Film über ihre Stromproduktion und eine Führung durch das Wasserkraftwerk ab. Dabei durfte natürlich auch nicht das Gruppenfoto fehlen (s. Titelseite), 13 m unterhalb des Lago Maggiore, dem tiefsten Punkt der Schweiz (Seespiegel: 193 m ü.M.). Anschliessend fuhren wir mit einem kleinen Schiff nach Ascona, wo wir uns dann der Maggia näherten, wo im unteren Teil deutlich der doppelte Schutzdamm der kanalisierten Maggia erkennbar ist. Bei der Abflussmessstation Solduno machten wir einen Mittagshalt, wo wir einem hydrometrischen Flügel bei der Arbeit zusehen durften. Dieser misst an verschiedenen Stellen im Fluss in mehreren Flusstiefen die Fliessgeschwindigkeit, woraus der Abfluss berechnet werden kann. Der durchschnittliche Abfluss der Maggia an dieser Stelle beträgt  $22 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ohne die Wasserkraftnutzung wäre der natürliche Abfluss etwa 3 Mal grösser. Ab Ponte Brolla ging dann die Wanderung etwas oberhalb der Maggia weiter bis Avegno. Dabei konnten wir verschiedene geomorphologische Prozesse erkennen, welche sich im Maggiatal abspielen, so zum Beispiel mehrere Ablagerungen von Felsstürzen. In Avegno mussten wir aus Zeitgründen die Wanderung unterbrechen, damit auch noch Zeit blieb für einen Sprung in die kalte Maggia.



**Abb. 10:** Hydrometrischer Flügel bei der Messstation Solduno.



**Abb. 11:** Maggia bei Avegno.

Der Flusslauf ist hier schon viel natürlicher und wir versuchten die Qualität der Ökomorphologie an diesem Standort gemäss dem Modul-Stufen-Konzept des BAFU einzuschätzen. Anschliessend diskutierten wir an diesem schönen Plätzchen eingehend, welche Konsequenzen die Politik aus den Aussagen von Herrn Noembrini ziehen kann. Es stand fest, dass technische Lösungen nur einen Teil zur Problemlösung beitragen können. Viel mehr braucht es eine Reduktion des Energie-Verbrauches, wobei im sozialen System und beim Konsumenten angesetzt werden muss. Wir zogen das Fazit, dass es nicht eine bestimmte Lösung gibt, das Energieproblem zu lösen und den Klimawandel zu

stoppen. Es braucht dazu eine Multi-Strategie und dafür klare Richtlinien von Seiten Politik. Diese müssen Gesetze erlassen und verbindliche Limits festlegen (wie beispielsweise mit dem Verbot der Glühbirne

geschehen). Doch wie kann dies gelingen? Was sagt die Wirtschaft dazu? Ein Ansatz wäre, Opfer und Profiteure zu finden, diese zusammenzubringen, um so den Druck zu erhöhen. Die Wirtschaft könnte also auch insofern Profiteur sein, indem sie neue Marktlücken erschliessen kann. Doch was bringt denn unser Beitrag als Schweiz? Auch wenn die Schweiz gar kein CO<sub>2</sub> mehr ausstösst, ist das globale Klima- und Energieproblem nicht gelöst, der effektive Reduktionsbeitrag ist marginal. Doch einerseits ist es wichtig, globale Solidarität zu zeigen. Denn es sind nicht in erster Linie Länder wie die Schweiz, welche unter dem Klimawandel leiden. Und andererseits wäre der Vorbild-Effekt der Schweiz auf andere Länder sehr gross, da die Schweiz einen guten Ruf besitzt. Der Welt muss aufgezeigt werden, wie es möglich ist, den Weg in Richtung 1 Tonne CO<sub>2</sub>/Person zu gehen. Es müssen Technologieentwicklungen, Systemveränderungen und vieles mehr passieren, damit dies möglich ist. Und die Schweiz hat die Möglichkeit, diesen Weg vor zu bahnen. Damit dies gelingt, muss die Wirtschaft mit ins Boot genommen werden. Es muss gezeigt werden können, dass eine Wirtschaft erfolgreich sein kann, ohne diese riesen Mengen an Emissionsausstössen. Für die Wissenschaft heisst dies, dass sie verstärkt transdisziplinär arbeiten muss. Sie ist genauso Teil des Problems wie auch der Lösung. Nach dieser Diskussion fuhren wir mit dem Bus zurück nach Ponte Brolla, wo ein feines Abendessen im Grotto America den ersten Exkursionstag beendete.



**Abb. 12:** Fröhliches und köstliches Abendessen in Grotto America.

## 11.2 Tagesbericht des zweiten Exkursionstags

Tamara Wüthrich

### 11.2.1 Überblick Tagesablauf



**Abb. 13:** Lago del Zött.

Am Donnerstag lernten wir einen Teil des Einzugsgebietes der Maggia kennen. Dazu fuhren wir mit Bussen durch das Bavonatal und mit einer Seilbahn nach Robiei (1890 m ü.M.). Herr Giovanni Kappenberger, Meteorologe und Glaziologe, leitete die Wanderung. Er gestaltete den Gletscherlehrpfad und die dazugehörige Broschüre mit. Auf der einen Seite des Lago del Zött (1940 m ü.M.), schauten wir die Staumauer mit dem runden Überlauf an, welcher in der Abb. 13 zu erkennen ist. Beim Hochwasserereignis im August 1987 war der Überlauf zu klein und das Wasser floss über die Staumauer. Auf der anderen Seite des künstlichen Sees überlegten wir, wie sich nivaler Niederschlag messen und vergleichen lässt. Des Weiteren sahen wir auf der Wanderung den Basòdino Gletscher, eine Doline, einen leider noch schneebedeckten Höhleneingang, rötliche Flecken im Schnee (stammen von einer Schneeealge), Murmeltiere, an die Felsen gebauter Balm und zum Schluss die

Wetterstation von Swissnetmet. Anschliessend an die Wanderung folgte in Robiei eine Führung durch die einzige öffentlich begehbare Staumauer (Abb. 14 und Abb. 15).

### 11.2.2 Erkenntnisse

- Beim Basòdino ist der Gletscherschwund bemerkbar: der Gletscher schmilzt ungefähr ein Meter pro Jahr.
- Feuchte Luft aus der Poebene, welche von Südosten nach Nordwesten strömt, führt zu orographisch bedingten Niederschlägen. Dies findet immer an den gleichen Stellen der Alpen statt und hat im betrachteten Einzugsgebiet Gewitter mit maximaler Intensität zur Folge.
- Am 10. September 1983 wurde ein 24-Stunden-Niederschlagsrekord von 412 mm gemessen. Wobei Herr Kappenberger anmerkte, dass zu kleine Niederschlags-messbehälter zu unzureichenden Messungen führen können und dass Statistik immer nur so gut sein kann, wie die verwendeten Messungen.
- Mittels verschiedener Messgeräten, wie dem Telot, digitaler Radarkontrolle und dem Thomson-Messüberfall werden Veränderungen an der Staumauer sofort erfasst und die Leitzentrale der Kraftwerke in Locarno alarmiert.



**Abb. 14:** Diskutieren vor der Staumauer.

- Die Gewichtsstaumauer hat sich 2009 in Folge von Temperaturschwankungen um 14 mm bewegt.
- Jährlich wird die Staumauer von Mitarbeiter/-innen und alle fünf Jahre von externen Expert/-innen kontrolliert.
- Die Staumauer ist so gebaut, dass sie einem 10'000-jährlichen Hochwasser standhalten sollte. Berechnet wurde dies, indem der Wert des 1'000-jährlichen Ereignisses mit 1,5 multipliziert wurde. Ob diese Berechnung sinnvoll ist, ist diskutabel.



**Abb. 15:** Blick in die Staumauer.



## 11.3 Tagesbericht des dritten Exkursionstags

Sophie Hirsig

*Das Programm am letzten Exkursionstag, 12. Juni 2015, beinhaltete:*

- *Diskussionen rund um die Auswirkungen der letzten Hochwasser in Locarno*
- *Das Maggia-Delta, Stadtentwicklungen von Locarno und Ascona aus der Höhe kennenlernen*
- *Besuch der MeteoSchweiz Messstation Locarno-Monti*

### 11.3.1 Auswirkungen der letzten Hochwasser in Locarno

An seenahen Häusern wurde nach Zeichen der letzten Hochwasser gesucht. Immer noch sichtbar sind beispielsweise ehemalige Wasserspiegel. Weiter wurden Massnahmen besprochen, die Schäden bei zukünftigen Hochwasser vermindern sollen. So wurden Heizungsräume dicht gemacht. Vor allem die intensiven Niederschläge vom 22. bis 24. September 1993 führten zu diesen Massnahmen. Für die Hochwasser im 2000 vermerkte das BAFU, dass dank den nach 1993 ergriffenen Massnahmen die Schäden geringer gehalten wurden (BAFU 2003). Versicherungstechnisch wurde das Prinzip der Solidarität diskutiert: Schäden



**Abb. 16:** Ehemalige Wasserspiegel an den seenahen Häusern in Locarno. Bild: S. Hirsig.

und die Versicherung von Gebäuden sollen nicht nur von den Betroffenen sondern solidarisch von der gesamten Bevölkerung getragen werden. Diesbezüglich wurde auch diskutiert, wie die Schweiz und Italien die Wasserregulierung in einem Dialog lösen müssen: Der Abfluss des Langensees fliesst in die Po Region. Erhöhung des Abflusses in der Schweiz führt somit zu potentiellen Schäden in weiteren Catchments.

### 11.3.2 Maggiadelta aus der Höhe besprechen

Auf dem Weg zur MeteoSchweiz Messstation Locarno-Monti diskutierte die Gruppe bauliche Entwicklungen im Maggia-Delta. Die Region ist gekennzeichnet durch starke räumliche Ausdehnung seit dem 20. Jahrhundert, die vor allem auf zunehmende Bevölkerung, Tourismus und Verkehrsausbaung zurückzuführen ist.

### 11.3.3 Besuch der MeteoSchweiz Messstation Locarno-Monti

Die Experten Stefano Zanini und Ioannis Sideris der MeteoSchweiz Messstation Locarno-Monti stellten der Gruppe die Aufgabenbereiche, Arbeitsabläufe und Messstationen des Zentrums vor. Ein spezieller Fokus liegt in den Bereichen Prognose und Kompetenz für Radarmeteorologie und Echtzeitprognose („Nowcasting“). Dabei werden beispielsweise mit der Kringing Interpolation unterschiedliche Messdaten von Radar und lokalen Niederschlagsmessern („Tipping Point Buckets“) interpoliert um Zukunftsprognosen zu erstellen. Ioannis Sideris betont, dass die Schweiz über ein sehr dichtes Messnetz verfügt, dass im Nowcasting aber noch viel Potential liege. Für das Unwetter von 2005 schätzt er, dass durch bessere Vorhersagen bis zu 20% des Schadens hätte verhindert werden können. Dies entspricht einem Wert von 400 Millionen Schweizer Franken.

#### **11.3.4 Fazit der Exkursion**

Als Fazit und Schlusswort nimmt die Gruppe mit, dass im Tessin über kurze Zeit intensive Niederschläge fallen, die zu Personen- und Sachschäden geführt haben und führen können, weshalb eine Auseinandersetzung mit vergangenen Ereignissen und ständiges Verbessern der Vorhersagen wichtig sind, um in Zukunft mit den intensiven Niederschlägen umgehen zu können.

## 12 Glossar

<b>AWA</b>	Amt für Wasser und Abfall
<b>BAFU</b>	Bundesamt für Umwelt
<b>BFE</b>	Bundesamt für Energie
<b>BfS</b>	Bundesamt für Statistik

## 13 Liste der Referenten

Referent	Tätigkeit	Vortrags-Thema
Dr. Fabrizio Noembrini	Direktor des Verbandes Ticino Energia	Der Energiesektor gestern, heute und in der Zukunft sowie Einführung im Energiesektor im Tessin
Ing. Daniele Buzzini	Leitung der Sektion Produktion bei Ofima	Führung in Verbano Kraftwerk von Ofima
Andrea Crose	Management hydrometrische Messstationen, Monitoring Hydrologie Tessin, Engadin	Einführung in der Betreuung der hydrometrische Messstationen, insbesondere in der Messstation Maggia bei Solduno.
Giovanni Kappenberger	Meteorolog und glaziolog	Begleitung der Exkursion und Führung in Basodino Gebiet
Marco Regolatti	Hauptverantwortliche für den Bereich Grosse Projekten bei Ofima	Führung bei und in der Staumauer Robiei
Stefano Zanini	Prognostiker bei MeteoSchweiz, Locarno-Monti	Einführung im regionalen Klima, der Prognosenentwicklung sowie der gegenwärtige Prognosen. Führung in der Meteostation Locarno Monti.
Dr. Ioannis Sideris	Wissenschaftliche Mitarbeiter bei MeteoSchweiz, Locarno Monti	Nowcasting: Ziele, Chancen, Technik und Verbesserungspotential
Martina Kauzlaric	Doktorandin und Assistentin in der Hydrologie Gruppe	Betreuung/Leitung der Exkursion, Hochwasser gestern und heute
Prof. Dr. Rolf Weingartner	Leiter der Gruppe für Hydrologie; Projektleiter des "Hydrologischen Atlas der Schweiz" (HADES)	Exkursions-/Diskussionsleiter

## 14 Literatur

Aschwanden H, Weingartner R. 1985. Die Abflussregimes der Schweiz. Bern: Geographisches Institut der Universität Bern Publikation Gewässerkunde Nr.65.

Aschwanden H, Weingartner R. 1992. Abflussregimes als Grundlage zur Abschätzung von Mittelwerten des Abflusses. Bern: Universität Bern HADES Hydrologische Atlas der Schweiz Tafel 5.2.

AWA. 2014. Hydrographisches Jahrbuch 2014 des Kantons Bern. Abteilung Gewässerregulierung, Fachbereiche Hydrometrie und Seeregulierung.

BAFU. 2003. Hochwasserereignisse 2000, 1999, 1993 und 1987.

BAFU. 2005. Aktualisierte Pardé-Koeffizienten für die Abflussregimetypen nach Aschwanden und Weingartner.

BAFU. 2014. Hydrologische Daten und Vorhersagen. [accessed 2015 Jun 18].  
<http://www.hydrodaten.admin.ch/de/stationen-und-daten.html>

Bauer S, Delley P. 1983. Anwendung eines mathematischen Modells zur Simulation der Schwallwelle vom 7. August 1978 am Palagnedra-Stausee. Schweiz. Ing. Archit. 101:643–651.

BFE. 2014. Überblick über den Energieverbrauch der Schweiz im Jahr 2013. Bern Auszug aus der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik 2013.

BFE. 2015. [accessed 2015 Jun 18]. <http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/>

BfS. 2015. Jahresklimadaten. Sonnenscheindauer, Niederschlag, Temperatur und Neuschnee. [accessed 2015 Jun 13]. [www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/22/lexi.Document.20725.xls](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/22/lexi.Document.20725.xls)

Brunner H, Molinari I, Simmen G. 1950. Delta (Maggia). Zürich.

Corti G, Kappenberger G, Riva F, Spinedi F, Vallenggia C, Valenti G. 2012. Der Gletscherpfad des Basodino. Tipografia Poncioni SA, Losone (Dipartimento del territorio, Divisione dell'ambiente, Sezione forestale).

Dändliker PG. 1997. Restwassermengen in Fliessgewässern. Wasserentnahmen, die insbesondere der Bewässerung dienen. BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 24.

EAWAG. 2009. Geheimnisse am Grund des Lago Maggiore. [accessed 2015 Jun 17].  
[http://www.eawag.ch/medien/bulletin/20091005/index?clear\\_lang=1](http://www.eawag.ch/medien/bulletin/20091005/index?clear_lang=1)

geo.admin.ch. 2015. Geoinformationsplattform der Schweizerischen Eidgenossenschaft.

Hauenstein W. 2009. Wasserkraft und Klimawandel. Wasser Energ. Luft 101:127–132.

Hendl M. 1963. Einführung in die physische Klimatologie. Berlin (Systematische Klimatologie).

Istituto Scienze della Terra, Dipartimento Ambiente, Costruzioni e Design. 2013. Hydrologisches Jahrbuch des Kantons Tessin. Trevano: SUPSI (Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana).

Lambert H. 1988. Seegrundvermessungen im Lago Maggiore: Das Wachstum des Maggia- und Ticino/Verzasca-Deltas von 1890 bis 1986. Wasser Energ. Luft 80:21–28.

Lambert H. 1989. Das Rheindelta im See. Vermess. Photogramm. Kult. VPK 87:29–32.

Menzel L, Lang H, Rohmann M. 1999. Mittlere jährliche aktuelle Verdunstungshöhen 1973-1992. Bern: Universität Bern HADES Hydrologische Atlas der Schweiz Tafel 4.1.

MeteoSchweiz. 2015. Normwert-Karten. [accessed 2015 Jun 18]. <http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/vergangenheit/klimanormwerte/normwert-karten.html>

Molnar P, Favre V, Perona P, Burlando P, Randin C, Ruf W. 2008. Floodplain forest dynamics in a hydrologically altered mountain river. *Peckiana Staatl. Mus. für Naturkunde Görlitz* 5:17–24.

Neumann U. 2014. Länder Leute Schweiz Tessin. [accessed 2015 Jun 13]. [http://www.planet-wissen.de/laender\\_leute/schweiz/tessin/](http://www.planet-wissen.de/laender_leute/schweiz/tessin/)

Pflaunder M, Keusen M. 2007. Veränderungen von Schwall-Sunk. Hydrologische Datenanalyse zur Charakterisierung von Schwall-Sunk Phänomenen in der Schweiz. Bern: BAFU (Bundesamt für Umwelt) Umwelt-Wissen Nr. 0712.

PHBern. 2011. Hydrologische Grundlagen. Informationen zur Maggia und zum Maggiadelta. Beilage 2. in Zusammenarbeit mit Stefan Manser, Rektor Berner Maturitätsschule für Erwachsene (BME) / Ernst Stauffer, Gymnasiallehrer Geografie Gymnasium Köniz-Lerbermatt.

Solcà D, Chiappa R. 2012. Entwicklung des Maggiadelta. Institut für Katrografie, ETHZ Zürich.

Tagesanzeiger. 2014. Hochwasser in Locarno – auf dem Holzbalken nach Hause. 13.11.2014.

Vischer D. 1980. Das höchstmögliche Hochwasser und der empirische Grenzabfluss. *Schweiz. Ing. Archit.* 98:981–984.

Weingartner R. 1999. Regionalhydrologische Analysen – Grundlagen und Anwendungen. *Beiträge zur Hydrologie der Schweiz* Nr. 37.